



I Simpósio Gaúcho de Engenharia Aeroespacial e Mecânica
9 e 10 de novembro de 2022, Santa Maria, RS, Brasil

INFLUÊNCIA DO GRADIENTE DE TEMPERATURA EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE REYNOLDS NOS COEFICIENTES AERODINÂMICOS EM UM AEROFÓLIO

Felipe Perozzi Della Rosa
Luca Sauer de Araujo
Andres Gilberto Machado da Silva Benoit
Luiz Henrique Schaffazick
César Gabriel dos Santos
Giuliano Demarco

Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, Camobi, Santa Maria - RS, 97.105-900, Brasil
felipe.della@acad.ufsm.br
luca.sauer@acad.ufsm.br
andres.benoit@acad.ufsm.br
luiz.schaffazick@acad.ufsm.br
cesar.g.santos@ufsm.br
giuliano.demarco@ufsm.br

Resumo. O objetivo do presente estudo é determinar o valor limite de Reynolds para o qual é possível encontrar diferenças no valor dos coeficientes aerodinâmicos ao aplicar-se um gradiente de temperatura no intradorso de um perfil aerodinâmico. O gradiente de temperatura é algo encontrado em diversas aves na natureza, sendo um conceito aplicável à engenharia por meio da biomimética. Para a investigação, o software ANSYS foi utilizado para realizar simulações de dinâmica dos fluidos computacionais aplicados à um aerofólio NACA0012. Os resultados encontrados comprovam que a diferença é mais significativa até os valores de 5800 de número de Reynolds

Palavras chave: Reynolds, Biomimética, NACA 0012, Razão Sustentação-Arrasto.

1. INTRODUÇÃO

Os humanos por muito tempo buscam inspirações em comportamentos encontrados por outras espécies na natureza. De acordo com (BENYUS, 1997), ao observar o ambiente ao nosso redor, é possível visualizar soluções para diversos problemas do nosso cotidiano, entretanto, é necessário que a tecnologia busque sempre aproximar-se das soluções observadas.

A literatura nos traz que a investigação sobre o voo de aves e até mesmo insetos é um grande ambiente de pesquisa Han et al. (2020). Enquanto alguns autores realizam pesquisas sobre parâmetros de voo como controlabilidade e manobrabilidade Deng et al. (2006)

inspirando-se nos insetos, outros procuram entender a maneira que os pássaros de grandes migrações mantêm-se

voando por tanto tempo e quais foram as soluções encontradas para otimizar seu voo Hassanalian et al. (2019).

Vale ressaltar que a busca por soluções ótimas advém da seleção natural que surge, principalmente, a partir de mutações genéticas aleatórias. Entretanto, não é sempre que um fator coincide exatamente com o que os pesquisadores inicialmente imaginam. Logo, é importante que haja esforço conjunto para que se realizem investigações adequadas.



O objetivo deste trabalho é de realizar uma análise para uma faixa ampla de números de Reynolds. Com base em Benoit et al. (2022), observa-se que o aquecimento no intradorso é benéfico para um número de Reynolds de 3000 ao avaliar-se o aerofólio NACA0012. Porém, como os autores tratam de apenas um valor fixo de Reynolds é necessário analisar um intervalo considerável e verificar as mudanças nos valores dos coeficientes aerodinâmicos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Ao se tratar de perfis aerodinâmicos, os principais conceitos a serem avaliados são as forças de sustentação e arrasto, e todas as consequências resultantes. Tais forças possuem coeficientes adimensionais, que quando comparados, fornecem a eficiência aerodinâmica do perfil, podemos explicitar todas essas relações pelas Eqs. (1) e (2). Já a Eq. (3) conceitua o número de Reynolds, que vale destacar que quanto maior a velocidade do escoamento, maior o número de Reynolds, ao manter-se os outros parâmetros constantes.

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2}\rho U^2 S} \quad (1)$$

$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho U^2 S} \quad (2)$$

$$Re = \frac{\rho U c}{\mu} \quad (3)$$

Onde L e D representam as forças de sustentação e arrasto, respectivamente. A massa específica do escoamento é dada por ρ , U representa a velocidade do escoamento, S é a área de superfície, c representa a corda do perfil (valor definido de 10 cm) e, por fim, μ é a viscosidade dinâmica.

O software utilizado para as simulações foi o ANSYS Fluent, versão 2021 R2, onde foi utilizado o modelo de turbulência $k - \epsilon$ realizável em função de sua convergência considerando a faixa de Reynolds utilizada, que é entre $2 \cdot 10^3$ e $2 \cdot 10^5$, valores para os quais pode-se observar adequadamente a influência e fazer observações.

Para as simulações, utilizou-se o ângulo de ataque de 10° para que se possa comparar os resultados obtidos com valores encontrados na literatura.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Falar em número de Reynolds talvez não seja a maneira mais prática de comunicar os resultados, para isso, foi elaborado a Tab. (1) que relaciona o número de Reynolds com a velocidade do escoamento, para tal, utiliza-se da Eq. (3), e como estamos considerando o ar

como fluido de referência, utiliza-se seus valores de viscosidade e densidade do ar a nível do mar.

Tabela 1. Valores convertidos entre número de Reynolds e Velocidade

Número de Reynolds (-)	Velocidade (m/s)
2000	0,300
3000	0,486
6000	0,900
8000	1,1689
12000	1,700
17000	2,490
24000	3,500
48000	7,000
100000	14,500
200000	30,000

Os resultados obtidos através da simulação podem ser observados na Fig 1. e pode-se concluir que uma variação do número de Reynolds tem baixíssima influência na variação de CL/CD , exceto em um pequeno intervalo, que abrange uma variação entre Reynolds de 2000 a 10000, que está demonstrado na Fig 2.

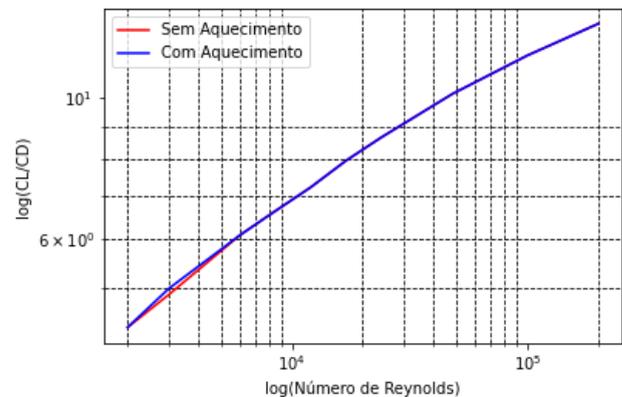


Figura 1. Relação entre a eficiência aerodinâmica e Número de Reynolds

A Figura 2. exibe mais precisamente a variação do valor de CL/CD em relação ao número de Reynolds, neste intervalo, pode-se afirmar então que um aquecimento no intradorso de um aerofólio promove um aumento na eficiência aerodinâmica, entretanto, para números de

Reynolds maiores que 10000, o aquecimento da superfície não tem influência significativa na razão entre os coeficientes de sustentação e arrasto, tal influência positiva se limita ao intervalo de Reynolds de 2000 a 5000.

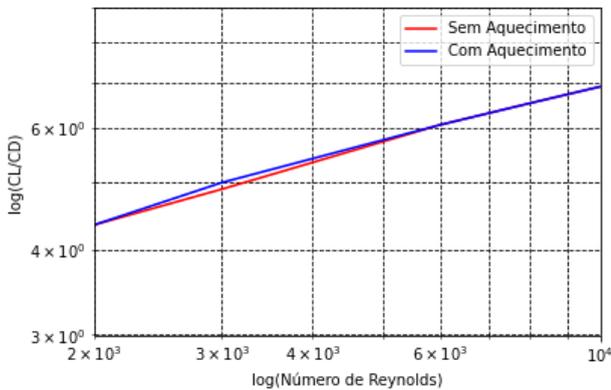


Figura 2. Relação entre a eficiência aerodinâmica e Número de Reynolds no intervalo de interesse

Ao realizar qualquer simulação de aerofólios, além de estudar a eficiência aerodinâmica, é preciso avaliar a sustentação, pois embora a razão CL/CD tenha valores similares, a sustentação pode apresentar valores diferentes.

A variação do coeficiente de sustentação em relação ao número de Reynolds com e sem o aquecimento no intradorso pode ser observada na Fig. 3.

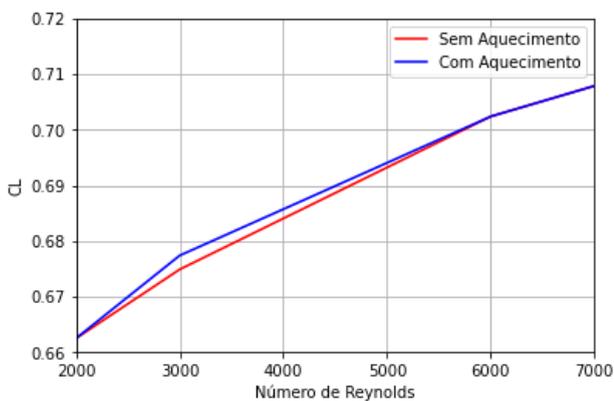


Figura 3. Relação entre o coeficiente de sustentação e número de Reynolds

A figura 3 apresenta resultados apenas do intervalo em que o número de Reynolds varia entre 2000 a 7000, e exibe uma superioridade no coeficiente de sustentação

quando o intradorso é aquecido. É também possível perceber pela Fig. 3 que para número de Reynolds maiores que 5800 não há mais influência do aquecimento, fator observado até os números mais altos da simulação que, em função disso, não estão incluídos no gráfico da Fig. 3.

4. CONCLUSÕES

Ao final do trabalho, conclui-se que o aquecimento no intradorso só influencia a eficiência aerodinâmica do perfil em um intervalo entre 2000 e 5000 Reynolds, já o coeficiente de sustentação para a superfície aquecida se mostrou superior para números de Reynolds por volta de 5800.

É válido destacar que a ausência de influência do gradiente de temperatura sobre o coeficiente de sustentação e a eficiência aerodinâmica em números de Reynolds mais elevados se dá ao fato de que o campo de velocidade fica tão intenso que a camada limite térmica deixa de ter influência sobre o escoamento, ou seja, o número de Reynolds se torna crítico a ponto da influência do campo de velocidade se tornar muito maior do que a do campo de temperatura.

5. REFERÊNCIAS

- BENOIT, A. G. M. S., Araujo, L. S., Schaffazick, L. H., Demarco, G., Santos, C. G. "Preliminary Studies of the Influence of Surface Temperature on the Aerodynamic Coefficients of Biomimetic-based Airfoils". Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica. 28ª ed. 2022.
- BENYUS, J.M., 1997. *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. Mariner Books.
- DENG, X., Schenato, L., Wu, W. C., Sastry, S. S. "Flapping Flight for Biomimetic Robotic Insects: Part I - System Modeling". IEEE Transactions on Robotics, Vol 22, 2006.
- HAN, J., Hui, Z., Tian, F., Gang, C. "Review of bio-inspired flight systems and bionic aerodynamics". Chinese Journal of Aeronautics, 2020.
- HASSANALIAN, M., Pellerito, V., Sedaghat, A., Sabri, F., Borvayeh, L., Sadeghi, S. "Aerodynamics loads variations of wings with novel heating of top surface: Bioinspiration and experimental study". Experimental Thermal and Fluid Science, Vol. 109, 2019.